

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra: Technologie a řízení konfekční výroby v Prostějově

Bakalářský studijní program: TEXTIL B3107

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby – 3107R004

Zaměření: Konfekční výroby

Evidenční číslo bakalářské práce: 468/10

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Název: Srovnávací studie "spojkového" motoru a servomotoru jako pohonu šicího stroje

Title: Comparative study "clutch" motor and servomotor as a drive sewing machine

Autor: David Bubeník
Libušinka 10
796 01 Prostějov

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Šubert, Ph.D.

Rozsah práce

Počet stran	Počet obrázků	Počet příloh	Počet zdrojů
57	19	0	9

V Prostějově: 13. květen 2010

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že s o u h l a s í m s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Prostějově, dne: 13. květen 2010

.....

Podpis

Anotace

Název BP: Srovnávací studie "spojkového" motoru a servomotoru jako pohonu šicího stroje

Autor: David Bubeník

Odevzdání BP: 2009/2010

Vedoucí BP: Ing. Radim Šubert, Ph.D.

Bakalářská práce „Srovnávací studie spojkového motoru a servopohonu šicího stroje jako pohonu šicího stroje“ se zabývá problematikou srovnání těchto typů elektromotorů.

Zaměřuje se na popis a funkce použitých elektromotorů. Dále se zabývá jejich vzájemným srovnáním.

Dokazuje, že servopohon má řadu výhod oproti spojkovému motoru, což je doloženo na konkrétních příkladech.

Klíčová slova

Spojkový motor

Servomotor

Šicí stroj

Spotřeba elektrické energie

Rezonanční jevy

Hladina zvuku

Cena

Annotation

Theme: Comparative study "clutch" motor and servomotor as a drive sewing machine

Consignment: 2009/2010

Leadership: Ing. Radim Šubert, Ph.D.

Bachelor's thesis „Comparative study "clutch" motor and servomotor as a drive sewing machine“ is dealing with the problematic confrontation these type electric motor.

It is focused on description and fiction used electric motor. Continue dealing with cross confrontation.

Its proofs that by use servo-drive has many privilege in comparison with clutch motor, which is supported on the particular examples.

Key word

Clutch motor

Servomotor

Sewing machine

Electric consumption

Frequency of resonance

Pulsation

Sound level

Price

Poděkování

Chtěl bych vyjádřit poděkování vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radimu Šubertovi Ph.D. za cenné připomínky, odborné rady a podněty k zamyšlení během vypracování bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Elektromotory.....	10
2.1 Asynchronní motor.....	10
2.1.1. Rozdělení asynchronních motorů	10
2.1.2. Motory s kotvou nakrátko	11
2.1.2.1 Konstrukce	11
2.1.2.2 Princip činnosti.....	12
2.1.2.3 Provozní vlastnosti	13
2.1.2.4 Regulace otáčivé rychlosti motoru	14
2.1.2.5 Rozběh motorů s kotvou nakrátko.....	14
2.1.3. Motor s kroužkovou kotvou	16
2.1.3.1 Konstrukce	16
2.1.3.2 Princip činnosti.....	17
2.1.3.3 Rozběh motoru s kroužkovou kotvou – rotorové spouštění	17
2.1.4. Základní vztahy.....	18
2.2 Servomotor	20
2.2.1. Střídavé servomotory (AC)	20
2.2.2. Složení AC servomotoru	21
2.2.3. Napájení.....	22
2.3 Ostatní druhy elektromotorů.....	23
2.3.1. Krokový motor.....	23
2.3.2. Synchronní motor.....	23
2.3.3. Lineární elektromotor.....	23
2.3.4. Jednofázový komutátorový motor	23
2.3.5. Stejnosměrný motor	24
2.3.6. Elektromagnet	24
2.3.7. Pneumatický motor	24
3. Elektromotor jako pohon šicího stroje	26
3.1 Spojkový asynchronní motor	26
3.1.1. Jednokotoučová (jednolamelová spojka)	26
3.2 Stop motory	27
3.2.1. Elektrické stopmotory	28
3.2.2. Mechanické stopmotory	28
3.2.3. Nejčastější poruchy asynchronních motorů a jejich odstranění	29
3.3 Servomotor jako pohon šicího stroje.....	31

3.3.1. Řízení AC motorů	31
3.3.2. Řízení synchronizace fáze budících impulsů s polohou rotoru	33
3.3.3. Fotoelektrický snímač	33
3.3.3.1 Absolutní snímač polohy (enkodér)	33
3.3.3.2 Princip činnosti.....	34
3.3.4. Seslyn	35
3.3.4.1 Jak funguje:	35
3.3.5. Ovládání šicího stroje se servomotorem	36
4. Měření rezonančních jevů.....	40
4.1.1. Vibrace asynchronního motoru.....	40
4.1.2. Vibrace AC servomotoru.....	40
5. Měření hluku šicích strojů	43
6. Srovnání cen strojů s ASM a servomotorem.....	47
6.1 Srovnání cen samostatných ASM a servomotorů	49
7. Měření spotřeby elektrické energie	50
7.1 Jednojhlové šicí stroje s 2-nitným vázaným stehem	51
7.2 Dvoujhlové šicí stroje s 2-nitným vázaným stehem.....	52
8. Závěr	54
9. Použitá literatura a další zdroje	55
10. Seznam obrázků	56
11. Seznam grafů.....	56
12. Seznam tabulek	57

1. Úvod

V bakalářské práci se zabývám srovnáváním elektromotorů použitých jako pohonů šicích strojů. Hlavním tématem mé práce jsou stroje se spojovým asynchronním motorem a servomotorem.

Tyto elektromotory pracují na principu elektromagnetické indukce, mění elektrickou energii na energii mechanickou. Podle průběhu napájecího napětí se dělí na stejnoměrné a střídavé, které jsou buď jednofázové, dvoufázové a nejčastěji trojfázové. Jednofázové elektrické pohony se používají pouze u domácích šicích strojů.

Střídavé motory se podle principu činnosti rozdělují na synchronní, synchronní a komutátorové. U synchronního elektromotoru je rychlost otáček elektromotoru stejná jako rychlost točivého magnetického pole. O asynchronním elektromotoru mluvíme když, rychlost otáček elektromotoru není stejná jako rychlost točivého magnetického pole.

U šicích strojů se nejčastěji jako pohonné jednotky používají:

- Krokové motory
- Jednofázové nebo třífázové asynchronní motory
 - Asynchronní motory se spojkou
 - Asynchronní motory s kotvou na krátko
- Servomotory

Bakalářská práce nadále obsahuje část, která porovnává šicí stroje s těmito typy elektromotorů. Stroje byly porovnávány z hlediska měření hladiny zvuku, elektrické spotřeby, vibrací a z hlediska jejich ceny.

2. Elektromotory

Elektromotor je elektrický, nejčastěji točivý stroj, přeměňující elektrickou energii na mechanickou práci.

Většina elektromotorů pracuje na elektromagnetickém principu. Základním principem, na němž jsou elektromagnetické motory založeny. Je vzájemné silové působení elektromagnetických polí vytvářených vinutími, kterými protéká proud. Tuto sílu popisuje Lorentzův zákon síly.

Obvykle bývá tato síla označována jako $F = qv \times B$ [N]

q ... elektrický náboj [C]

v ... rychlost [m.s^{-1}]

B ... magnetická indukce [G]

2.1 Asynchronní motor

Asynchronní motor je točivý elektromotor, pracující na střídavý proud. Je to nejrozšířenější pohon v elektrotechnice. Tok mezi hlavními částmi motoru je realizován výhradně pomocí elektromagnetické indukce. Výhodou asynchronního motoru je vysoká spolehlivost, jednoduchá konstrukce a napájení z běžné střídavé sítě. Napájení může být jednofázové nebo trojfázové. Trojfázový je výrazně používanější. Asynchronní motor vynalezl Nikola Tesla.

2.1.1. Rozdělení asynchronních motorů

Podle počtu fází

- Jednofázové – používají se pro pohony zařízení malých výkonů. Mezi takové patří pračky, ledničky, ventilátory...
- Dvufázové – používají se v servomechanismech, do výkonu 100 W
- Trojfázové

Rozdělení podle provedení rotoru

- S kotvou nakrátko
- S kroužkovou kotvou

2.1.2. Motory s kotvou nakrátko

2.1.2.1 Konstrukce

Rotor (kotva) je sestaven z rotorových plechů nasazených ve svazku na hřídeli a z vodičů v drážkách rotoru. Vodiče jsou tvořeny hliněnými nebo měděnými tyčkami a jsou na čelních stranách svazku rotorových plechů spojeny nakrátko zkratovacími kroužky

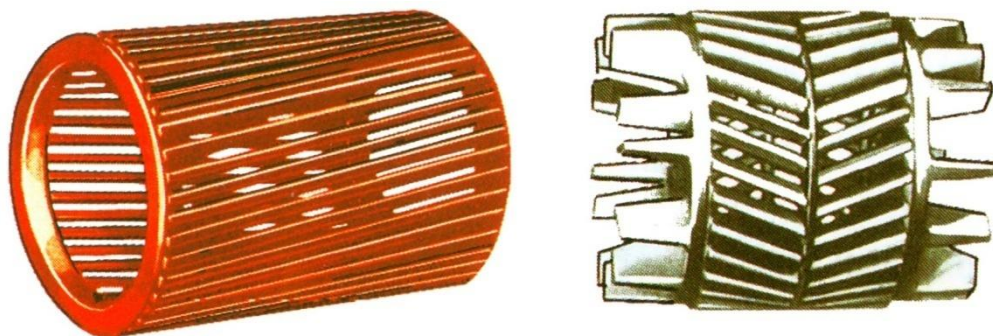
Vodivé tyčky spolu se zkratovacími kroužky mají podobu klece – klecový motor.

Stator se skládá z nosného tělesa (kryt) motoru, svazku statorových plechů a statorového vnutí. Konce statorového vnutí jsou vyvedeny na svorkovnici.



Obrázek 1: Stator

Rotor i stator jsou složeny z jednostranně izolovaných elektroplechů. Touto konstrukcí je prakticky zabráněno ztrátám vířivými proudy. [1]



Obrázek 2: Druhy rotorů: Klec se zešikmenými tyčkami a stupňovitá klec

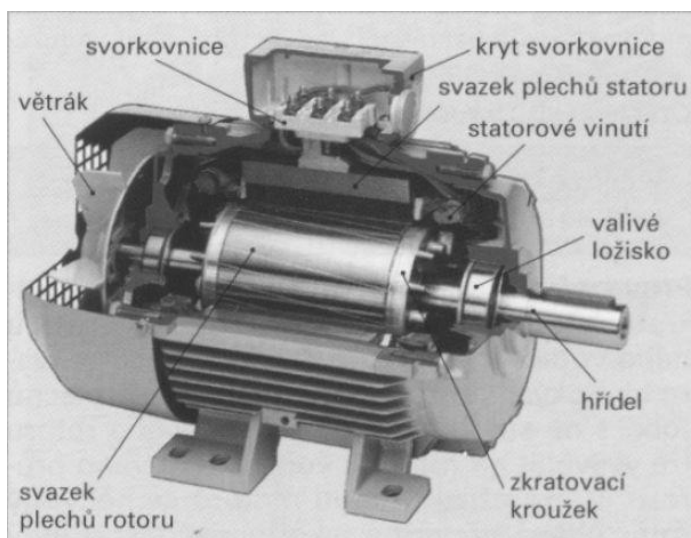
2.1.2.2 Princip činnosti

Klecový rotor lze považovat za nejjednodušší trojfázové vynutí. V momentu zapnutí se chová klecový motor jako zkratované sekundární vinutí transformátoru.

Točivé pole statoru způsobuje změny magnetického toku ve vodivých smyčkách tvořených vodiči rotoru. Rychlost změn magnetického toku procházejícího vodivými smyčkami stojícího rotoru odpovídá kmitočtu točivého elektromagnetického pole. Indukované napětí vyvolá průtok elektrického proudu klecovým rotorem.

Podle Lenzova pravidla způsobí magnetické pole indukované proudem v rotoru točivý moment, který otočí rotorem ve směru otáčení točivého pole statoru.

Pokud by dosáhly otáčky rotoru otáček točivého pole statoru, klesl by točivý



Obrázek 3: Motor s kotvou nakrátko

moment na nulu. Točivý moment je úměrný rozdílu otáček rotoru a pole statoru, který nazýváme skluzové otáčky asynchronního motoru.

Asynchronní motor potřebuje skluz otáček k indukci proudu v rotoru.

Skluz otáček asynchronních motorů bývá běžně 3% až 8% jmenovitých otáček a je závislý na zátěži motoru – otáčky klesají s rostoucí zátěží. [3]

2.1.2.3 Provozní vlastnosti

Klecový rotor (kotva nakrátko) je tvořena vodiči kruhového průřezu nebo vodiči jiných průřezů odpovídajících tvaru hlubokých drážek svazku rotorových plechů. Chování klecového rotoru lze vysvětlit na rotoru s vodiči kruhového průřezu. V okamžiku zapnutí motoru ne nehybný rotor chová převážně jako indukčnost. Činný odpor vodivé klece je velmi krátký. Rozběhový proud proto může dosáhnout až desetinásobku jmenovité hodnoty (jako zkratový proud transformátoru). Pro jeho velký fázový posun za magnetickým tokem je však jeho točivý moment malý.

S rostoucími otáčkami klesá indukované napětí i proud v rotoru. Protože klesá také jalový odpor rotoru, zmenšuje se současně fázový posun mezi napětím a proudem v rotoru.

Průběh momentu v závislosti na otáčkách ukazuje nárůst až do hodnoty M_k momentu zvratu, kdy začne pokles rychlosti změn indukčního toku ve smyčkách rotoru převažovat nad vlivy zvětšujícími moment. Při jmenovitých otáčkách působí jmenovitý moment M_N – jmenovité zatížení.

V nezatíženém stavu dosahuje motor téměř synchronních otáček n_s . V okolí jmenovitého momentu M_N jsou změny skluzu úměrné změnám zatížení ΔM , neboť charakteristika je zde téměř lineární.

Při nárůstu zatížení klesají otáčky málo, tak jako u stejnosměrného motoru s paralelním buzením. Takové stabilní chování otáček v závislosti na zatížení motoru se označuje jako chování derivačního motoru.

Sedlový moment M_s odpovídá sedlu v momentové charakteristice, tedy nejmenšímu momentu mezi rozběhem a maximální hodnotou momentu M_K . Rozdílným počtem

drážek v rotoru a statoru a šikmým nebo stupňovitým uspořádáním tyčových vodičů lze docílit stoupající charakteristiky bez sedla. [1]

2.1.2.4 Regulace otáčivé rychlosti motoru

- Změnou počtu pólů – tímto lze dosáhnout pouze skokové změny otáček, protože počet pólových otáček musí být celé číslo.
- Změnou skluzu – změníme-li výkon, který se spotřebovává v rotoru, změní se i skluz. Toto jde použít pouze pro motor s kroužkovou kotvou a to pomocí:
 - Regulačního odporu – zařazením odporu do obvodu rotoru se část skluzového výkonu přemění na teplo. Toto je nevhodný způsob změny skluzu.
 - Podsynchronní kaskádou – část skluzového výkonu se vrací zpět do sítě, jde tedy o vhodnější způsob snížení skluzu. Kmitočet rotorových proudů je odlišný od kmitočtu sítě, před navrácením výkonu do sítě se tedy musí použít měnič kmitočtu.
- Změnou napájecího kmitočtu – používá se u motorů s kotvou nakrátko. Připojením měniče kmitočtu můžeme řídit napětí a tím i vytvářené magnetické pole statoru
 - Skalární řízení – lze nastavovat velikost magnetického toku.

Vektorové řízení – kromě velikosti magnetického toku lze nastavovat i jeho směr a tím můžeme docílit plynulou změnu otáček při jakémkoliv režimu práce a zařízení. Jde o nejdokonalejší způsob řízení otáček a lze jím docílit i otáček nesynchronních. [1]

2.1.2.5 Rozběh motorů s kotvou nakrátko

Asynchronní motor odebírá při spouštění velký záběrný proud, jehož časový průběh má charakter zkratu (u zkratově odolných sítí až do výkonu 100 kW), a který je omezen jen impedancí motoru nakrátko. Velikost záběrového proudu je přibližně 4 až 7 násobek jmenovitého proudu u motoru s kotvou nakrátko a až 2 násobek u strojů s kotvou nakrátko při zařazeném spouštěcím odporu. Proudový ráz může vyvolat

v distribuční činnosti i velký pokles napětí, který má nepříznivé důsledky pro ostatní spotřebitele.

- Statorové spouštění

- Motory s kotvou nakrátko mají na začátku rozběhu velké rozběhové proudy. Pro zabránění rušivému kolísání síťového napětí předepisují rozvodové závody pro motory vyšších výkonů spouštění zařízení.

U trojfázovým motorů s výkonem nad 5kW je vyžadován spouštěcí režim omezující rozběhový proud. Zmenšení velkého rozběhového proudu je možné jen zmenšením rozběhového napětí statoru. K tomu se používá statorový rozběhový režim.

Odpovídajícím poměrem se zmenšuje výkon i točivý moment při zmenšování napětí.

- Rozběhové transformátory

- Transformátory zmenšují při rozběhu napětí a tím i rozběhový proud

Převodním poměrem transformátoru je tento proud odebíraný ze sítě ještě dále zmenšen. Odebíraný rozběhový proud se tedy zmenšuje úměrně čtverci zmenšení rozběhového napětí.

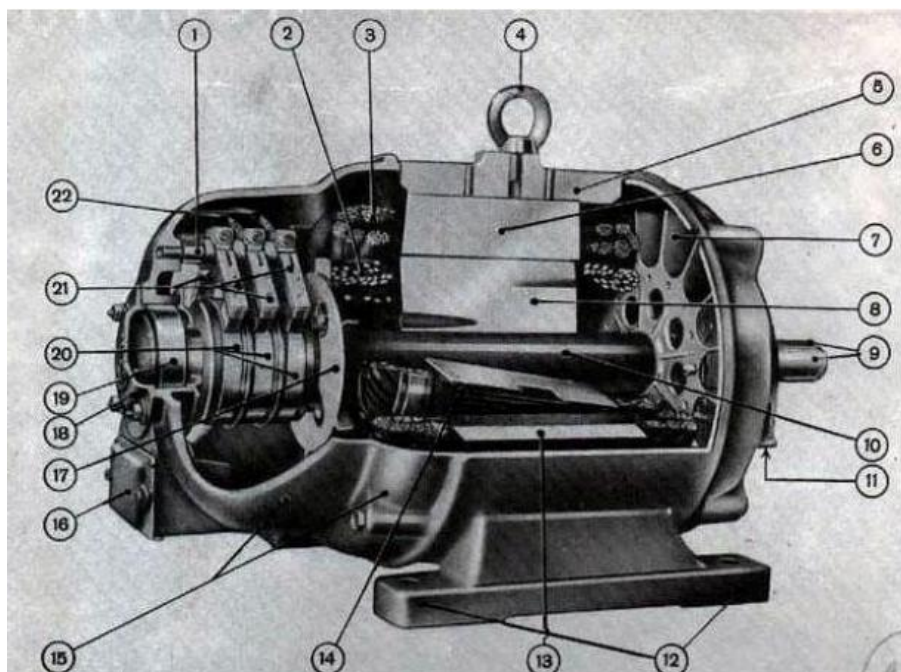
- Rozběh hvězda – trojúhelník

Rozběh hvězda – trojúhelník je nejčastěji používaný postup rozběhu realizovaný pomocí činnosti statoru. Přepínání při rozběhu může být realizováno pomocí stykačů nebo ručně.

Proudový náraz při spouštění a záběrný moment se tím sníží o 1/3 hodnot při jmenovitém napětí.

[3]

2.1.3. Motor s kroužkovou kotvou



Obrázek 4: Trojfázový kroužkový motor

1. svorník, na kterém jsou uloženy kartáče, 2. rotorové vinutí, 3. satorové vinutí, 4. oko, 5. kostra statoru, 6. satorové plechy, 7. ventilátor, 8. rotorové plechy, 9. volný konec hřídele, 10. hřídel, 11. ventilační otvor, 12. patky motoru, 13. satorové plechy, 14. rotorové plechy, 15. ložiskové víko, 16. rotorová svorkovnice, 17. ventilátor, 18. ložiskové víko, 19. kuličkové ložisko, 20. sběrací kroužky, 21. sběrací kartáče, 22. kablíky od sběracích kartáčů

2.1.3.1 Konstrukce

Stator s kroužkovou kotvou má stejnou konstrukci jako stator s kotvou nakrátko. Na hřídeli rotoru je svazek rotorových plechů a sběrné kroužky.

V drážkách rotorového svazku plechu je uloženo vinutí rotoru. Vinutí rotoru má téměř vždy tři cívky (trojfázové vinutí), které je zapojeno do hvězdy, zřídka do trojúhelníku.

Vinutí rotoru je připojeno na tři sběrací kroužky. Připojení na sběrací kroužky je realizováno třemi přitlačnými uhlíkovými kontakty (kartáči). Přes tyto uhlíkové kartáče mohou být zapojeny do obvodu cívek rotoru činné odpory, které slouží k rozběhu nebo regulaci otáček motoru. [1]

2.1.3.2 Princip činnosti

Motor s kroužkovou kotvou s kartáči připojenými nakrátko pracuje na stejném principu jako motor s kotvou nakrátko.

Při nehybném rotoru působí stator s rotorem jako transformátor, ve kterém působí stator jako primární vinutí a rotor jako sekundární vinutí. Napětí naměřené takto při nehybném rotoru nazýváme klidové napětí rotoru.

Při nakrátko zapojeném rotoru vyvolá napětí indukované v rotoru proud. Magnetické pole statoru a proud rotoru vyvolají otáčivý moment a roztočí rotor.

Klidové napětí rotoru a klidový proud rotoru jsou udávány na štítku motoru kvůli dimenzování rozběhových odporů.

2.1.3.3 Rozběh motoru s kroužkovou kotvou – rotorové spouštění

Zařazením spouštěcích odporů do obvodu kotvy motoru s kroužkovou kotvou je možno výrazně omezit rozběhový proud.

Kvůli velkému podílu činné složky proudu kotvy stoupá nejprve znatelně rozběhový moment.

Momentová charakteristika je plošší, moment zvratu je posunut do oblasti rozběhu. Motory s kroužkovou kotvou vyvíjejí velký rozběhový moment při malém rozběhovém proudu. Mohou být spouštěny zatížené.

Je-li během rozběhu stupňovitě zmenšován rozběhový odpor, může se motor při správném nastavení

spouštěče měkce rozbíhat i s velkým zatížením. Jsou tak odstraněny špičky rozběhového proudu.

Motory s výkony nad 20 kW mají většinou zařízení pro nadzvednutí kartáčů. Po rozběhu motoru jsou pomocí tyček kroužky zkratovány a současně jsou zvednuty kartáče. [1]

2.1.4. Základní vztahy

$$n_s = \frac{f}{p} \quad [\text{min}^{-1}]$$

n_s ... kmitočet otáčení (synchronní otáčky)

f ... kmitočet proudu (Hz)

p ... počet pólových párů statoru

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \quad [\%]$$

s ... relativní skluz

n_s ... otáčky točivého pole

n ... otáčky rotoru

$$P_1 = 3 \cdot U_{1f} I_{1f} \cdot \cos\varphi \quad [\text{watt}]$$

P_1 ... příkon

U_{1f} a I_{1f} ... hodnoty fázového napětí a proudu jedné fáze statoru

$\cos\varphi$... účinník

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_s \cdot \cos\varphi_1 \quad [\text{watt}]$$

U_s a I_s jsou sdružená napětí a proudy statorového vinutí.

Výkon P_δ je výkon točivého magnetického pole ve vzduchové mezeře při synchronní rychlosti ω_δ přenášený na motor, kde vytvoří mechanický moment M . Zanedbáním ztrát ve statoru P_δ se rovná příkonu P_1 . Když je mechanický výkon na hřídeli P_m při rychlosti ω_m , jsou ztráty v rotoru dané rozdílem těchto výkonů:

$$P_{cu2} = P_\delta - P_m = M \cdot (\omega_\delta - \omega) \cdot \frac{\omega_\delta}{\omega_\delta} = s \cdot \omega_\delta \cdot M = s \cdot P_\delta \quad [\text{watt}]$$

Mechanický výkon motoru je pak dán vztahem:

$$P_m = P_\delta - P_{cu2} = P_\delta - s \cdot P_\delta = (1 - s) \cdot P_\delta \quad [\text{watt}]$$

Joulové ztráty trojfázového motoru:

$$P_{cu2} = m_2 \cdot R_{2f'} \cdot I_{1'}^2 = 3 \cdot R_{2f'} \cdot I_1^2 \quad [\text{watt}]$$

Výsledný moment asynchronního motoru:

$$M = \frac{P_\delta}{\omega_\delta} = \frac{P_{cu2}}{\omega_\delta \cdot s} = \frac{3}{\omega_\delta} \cdot \frac{R'_{2f}}{s} \cdot I_2'^2 \quad [\text{N.m. rad}^{-1}]$$

2.2 Servomotor

Servomotor zkráceně servo je motor (s příslušenstvím) pro elektrické pohony, u kterých lze na rozdíl od běžných motorů nastavit přesnou polohu natočení osy.

Ovládají se jím například posuvy u CNC strojů, nastavení čtecí hlavičky u hard disků, např. všechny RC (Radio kontrol) modely používají malá modelářská serva.

Střídavé servomotory s permanentními magnety jsou určeny pro nejmodernější elektronicky řízené elektropohony se širokým regulačním rozsahem, vysokou dynamikou a vysokou přesností.

Elektrické servopohony jsou řízeny prakticky výhradně tranzistorovými měniči s pulzně šířkovou modulací.

Poloha hřídele servomotoru je zajišťována elektricky pomocí fotoelektrického snímače (encoderu) nebo pomocí rozkladače (selsynu). Pro levné aplikace lze použít optické snímání pomocí kódového kotoučku či proužku.

Vlastnosti servomotoru vylepšuje použití snímačů pro odečet polohy. Signál těchto čidel lze využít k dalšímu řízení pohonu, například vypnout motor po dojezdu do krajní polohy. Zavedením lineární záporné zpětné vazby lze servomotorem řídit polohu zařízení v celém rozsahu jeho pracovní dráhy. Je k tomu zapotřebí řídicí systém zvaný regulátor.

Signál ze snímače polohy je přiveden pomocí zpětné vazby na regulátor, který porovnává skutečnou polohu motoru s žádanou polohou. Na základě rozdílu žádané a skutečné polohy regulátor řídí měnič a tak nastavuje motor na žádanou polohu. [2]

2.2.1. Střídavé servomotory (AC)

Střídavé servomotory (AC) jsou dnes nejpoužívanější typ servomotorů. Jsou to v podstatě třífázové synchronní motory buzené permanentními magnety na rotoru (SMPM), které pracují jako bezkartáčové stejnosměrné elektromotory.

U SMPM na rotoru je cívka, která je rozmístěna na statorovém vinutí nahrazena permanentními magnety.

Pernamentní magnety bývají zpravidla tvořeny z materiálů, jako jsou slitiny samaria a kobaltu, železa neodymu a boru. Tyto materiály mají oproti ostatním materiálům vyšší hodnotu relativní permeability μ_r , což je bezrozměrná veličina, která charakterizuje magnetické vlastnosti látek. Její hodnoty se pohybují kolem 60000, zatímco u klasických materiálů jsou kolem 60. Použití těchto materiálů se ovšem také promítá v ceně těchto materiálů, která je několikanásobně vyšší než u klasických magnetů.

Tuto funkci zajišťují tranzistorové měniče se stejnosměrným obvodem, zpětnovazebně řízené čidlem polohy vestavěným v servopohonu.

Tyto servopohony jsou široce využívány díky své vysoké účinnosti, nízkým nákladům na údržbu a vysoký točivý moment, další podstatnou výhodou je možnost několikanásobného momentového přetížení, a proto jsou vhodné pro dynamicky náročné úlohy. [2]

SMPM se vyrábějí ve dvou provedeních:

- SMPM s magnety na povrchu rotoru
 - Rotor je tvořen válcem, po jehož obvodě jsou připevněny pásy tvořené magnety vzácných zemin. Okraje této pásy nejsou rovnoběžné s osou rotoru, ale jsou mírně skloněny. To je provedeno z důvodu větší rovnoměrnosti rozložení magnetického toku ve vzduchové mezeře, která je konstantní.
- SMPM s magnety uvnitř rotoru
 - Magnety se nachází pod povrchem rotoru. Tloušťka vzduchové mezery není konstantní.

2.2.2. Složení AC servomotoru

Pro regulaci otáčivé rychlosti a momentu AC servomotorů se v moderních pohonech používá statický měnič frekvence. Rychlost otáčení magnetického pole ve vzduchové mezeře, a tím i velikost otáček motoru, se mění v závislosti na frekvenci výstupního napětí měniče, který napájí motor. Nejčastěji používaný je tzv. nepřímý měnič frekvence se stejnoměrným meziobvodem.

Tento měnič se skládá ze čtyř částí:

Usměrňovač – přemění vstupní střídavé napětí na stejnoměrné pulzující napětí. Usměrňovač může být diodový, tranzistorový, nebo kombinace obou.

Stejnoseměrný obvod – vyskytují se tři typy:

- První přeměňuje DC napětí z usměrňovače na DC proud – proudový meziobvod
- Druhý typ stabilizuje pulzující DC napětí – napěťový meziobvod
- Třetí typ upravuje konstantní DC napětí z usměrňovače na jinou hodnotu

Stejnoseměrný meziobvod může být považován za jakýsi zdroj, ze kterého čerpá střídač energii pro svou práci.

Střídač – poslední výkonový prvek před motorem. Provádí poslední úpravy napětí v závislosti na zatěžování motoru. Střídač odebírá z Dc meziobvodu buď proměnný DC proud, proměnné DC napětí nebo konstantní DC napětí, a upravuje jej na napětí střídavé.

Řídící a regulační obvody – mají za úkol zpracovávat a vyhodnocovat vstupní a zpětné vazební signály a zároveň provádět řídicí algoritmus, jehož výstupem jsou řídicí pulsy pro střídač. Dnes je téměř vše realizováno číslicově, pomocí integrovaných obvodů a mikroprocesorů.

U standardních AC pohonů je pro přesné řízení pohybu nejdůležitější čidlo pro snímání polohy nebo rychlosti hřídele motoru. [2]

2.2.3. Napájení

Pro uspokojení zvýšených energetických nároků regulovaného pohonu na napájení (zrychlené dojezdy a dobřžďování pro zrychlení práce) se používají servozesilovače.

Elektrické servomotory jsou z důvodu tepelných ztrát řízeny prakticky výhradně tranzistorovými měniči s pulzně šířkovou modulací, aby se předcházelo přehřívání. [2]

2.3 Ostatní druhy elektromotorů

2.3.1. Krokový motor

Řadí se do skupiny přídavných zařízení, lze ho do stroje přimontovat k vykonání nějakého úkonu (nejčastěji k posuvu materiálu). Je přesný až na desetinu milimetru a citlivý na posuv. Ve spojení s AC servomotorem může dojít k velké programovatelnosti stroje. U automatických šicích strojů se krokové motory používají s pneumatickými písty, pro zkvalitnění operací jako například posuv materiálu a přitlačení přitlačnou patkou.

2.3.2. Synchronní motor

Rotor je tvořen magnetem nebo elektromagnetem, stator, na nějž je přiveden střídavý proud, vytváří pulzní nebo častěji rotující magnetické pole. Rotor se snaží udržet polohu souhlasící s tímto pólem.

Hlavní nevýhodou těchto motorů je že je třeba roztočit na pracovní otáčky jiným strojem, pokud zátěží ztratí synchronizaci s rotujícím polem, skokově klesne jejich výkon a zastaví se.

2.3.3. Lineární elektromotor

Lineární elektromotor je mnohápólový motor, jehož stator je rozvinut do přímky. Využívá se například v dopravě pro pohon vlaků na magnetickém polštáři. (Zkušební okruh rychlovlaku MAGLEV je vybudován nedaleko Hamburku)

2.3.4. Jednofázový komutátorový motor

Je to nejlevnější a nejspolehlivější asynchronní motor může v síti s kmitočtem 50Hz dosáhnout nejvýše rychlosti otáčení blízkým k 3000 min⁻¹. Používá se všude tam, kde záleží na malé hmotnosti a rozměrech při poměrně vysokém výkonu, kde se uplatní motor, který pracuje s vysokými otáčkami např. 10 000 min⁻¹ a více, se vyrábějí

jednofázové komutátorové motorky o výkonech od několika wattů do několika set wattů. Jejich rotor je stejný jako rotor stejnosměrného stroje. Stator však musí být složen z plechů, protože budící vinutí je napájeno střídavým proudem a střídavý magnetický tok by v plném materiálu způsoboval velké ztráty.

2.3.5. Stejnosměrný motor

Je to točivý elektromotor, napájený stejnosměrným proudem. Motor využívá principu minimální energie. Ve vnitřním magnetickém poli se nachází smyčka, kterou protéká proud. Ten indukuje magnetické pole, které je vždy orientováno stejně jako vnější magnetické pole; toho je dosaženo díky komutátoru, který změní směr proudu smyčkou pokaždé, kdy dojde k překlopení. Energie této soustavy bude nižší, pokud budou magnetická přeorientována proti sobě. Proto působí na smyčku moment, který se ji snaží překlopit. Protože po překlopení se změní směr proudu protékajícího smyčkou, pokračuje toto pak dále.

2.3.6. Elektromagnet

Toto zařízení pracuje na přívodu elektřiny, vtahováním jádra elektromagnetu, nevýhodou je menší rychlost, větší hlučnost a horší možnost zástavby do stroje. Patří do skupiny přídavných prvků, které slouží, jako pohon ke spouštění rámečku, odstřihu nití.

2.3.7. Pneumatický motor

Pneumatický motor patří mezi tekutinové pohony, je malý, lehký a tichý. Ke stroji musí být přiveden stlačený vzduch z kompresoru. Je žádanější, lacinější než elektromagnet. Používá se jako přídavné zařízení k vykonání pohybových úkonů stroje například zdvih přítlačného rámečku nebo patky, posuv šitého materiálu, odstřih nití, proseknutí nožem šité dílo. Stlačený vzduch z kompresoru silou působí na píst, z jedné strany nádoby přenesení píst na druhou stranu, a dá pokyn k vykonání operace. Tlak stlačeného vzduchu se reguluje ručním ventilem. Po pokynu k vykonání úkonu se pneumatický píst uvolní a

vypustí stlačený vzduch, který působí silou na kladku, která dá pokyn k vykonání úkonu.

[3]

3. Elektromotor jako pohon šicího stroje

3.1 Spojkový asynchronní motor

Tyto asynchronní třífázové elektromotory se dnes převážně používají pro pohon všech průmyslových šicích strojů 1 či 2-jehlových a strojů s klikatým stehem.

Motor zabezpečující pohon šicího stroje je ovládán nožním spouštěčem. Rychlost motoru šicího stroje se odvíjí od míry sešlápnutí nožního spouštěče obsluhou. Čím více je spouštěč sešlápnut, tím rychleji šicí stroj šije.

Spojka je strojní součástka, která spojuje obvykle hnací a hnaný hřídel a slouží k přenosu krouticího momentu a vyrovnání vzájemné nesouososti obou hřídelů.

Třecí spojky přenášejí točivý moment pouze třením způsobeným přitlačením hnaného kotouče na hnací. Při přetížení spojka prokluzuje a zabraňuje tak poškození hnacího, popř. hnaného soustrojí. Při rozběhu umožňuje plynulý záběr.

Třecí spojka je do odlitku statoru elektromotoru:

- Vestavěna konstrukčně
- Vhodnou konstrukcí připojena

Nejčastěji používané u ASM jsou třecí spojky (brzdy):

- Jednokotoučová (jednolamelová)
- Kuželová

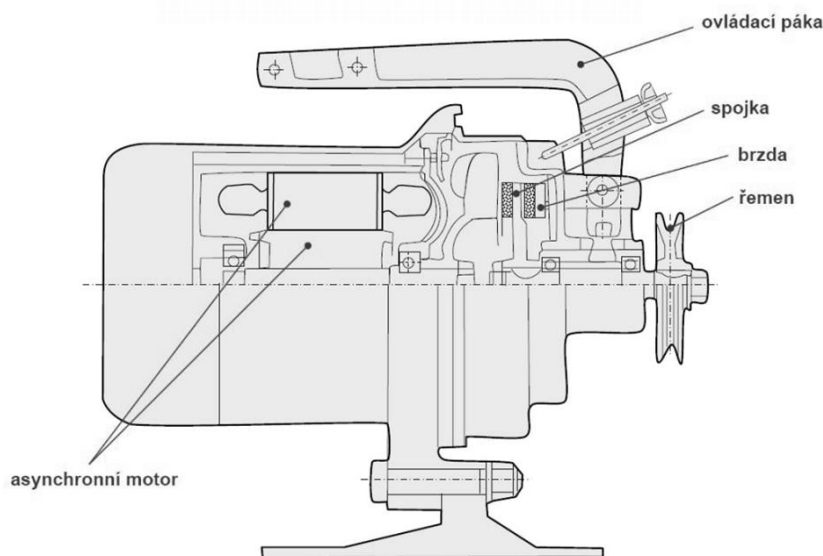
3.1.1. Jednokotoučová (jednolamelová spojka)

Ústrojí spojky je dosti složité. Kotouč (lamela) je vyroben z tlustého plechu se zvlněným okrajem. Tím se dosahuje progresivního odporu při stlačování obložení a plynulá změna tření při vypínání nebo zapínání spojky.

Přítlačný kotouč je robustní, většinou litinový odlitek, který se otáčí zároveň s klecí spojky, a tím i se setrvačником, čímž se zvyšuje setrvačná hmota. Může se však osově posouvat v uložení vysouvacích páček. Na jeho čelní ploše vzniká stejné tření

jako na setrvačnicku. Tření spojky je tak rozděleno na dvě plochy, obložení se tak méně zahřívá i opotřebovává.

Přítlačné pružiny musí při zapnuté poloze vyvinout dostatečnou přítlačnou sílu pro vznik požadovaného tření.



Obrázek 5: Schématický popis spojkového motoru

Řízení stroje se provádí pomocí spojky ovládané pedálem u šicího stroje obsluhou. Zastavení stroje je provedeno uvolněním pedálu obsluhou a přesunem spojky na brzdu. Tento způsob řízení není příliš přesný, nelze naprogramovat zastavení a ani otáčky šicího stroje. Největší využití tyto motory nacházejí u strojů na obnitkování. Tyto motory mají velkou spotřebu energie, protože běží stále. Asynchronní motor pracuje s 6% skluzem. Otáčky se řídí prokluzem spojky.

3.2 Stop motory

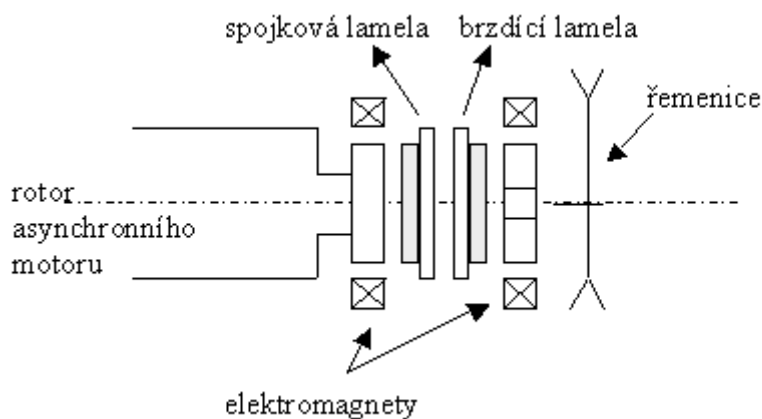
Jsou to speciální spojkové motory, které se liší od normálních spojkových elektromotorů tím, že mají minimálně dvě výstupní stupně rychlosti otáčení.

Hlavní částí stopmotoru je asynchronní elektromotor otáčející se otáčkami, které odpovídají maximálním výstupním otáčkám stopmotoru.

Další část stopmotoru je spojka, jejíž částí je hnací a brzdící lamela.

3.2.1. Elektrické stopmotory

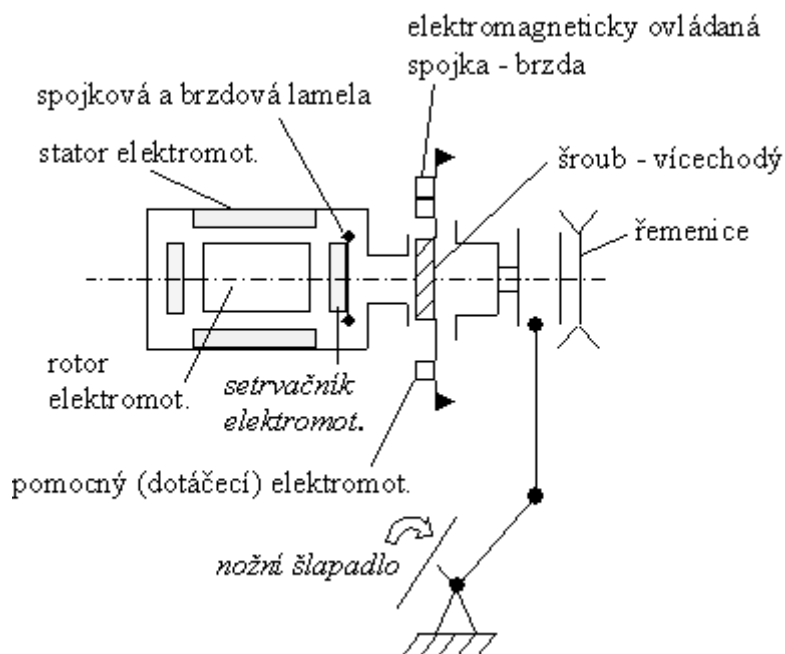
Třecí síly mezi setrvačníkem elektromotoru a lamelou se řídí speciálními elektromagnety, které ovládá řídicí modul šicího stroje. Tyto elektrické stopmotory umožňují použití mikroprocesorů.



Obrázek 6: Obecné schéma elektrického stopmotoru

3.2.2. Mechanické stopmotory

Třecí síly mezi setrvačníkem elektromotoru a lamelou se řídí mechanicky – silou sešlápnutí nožního šlapadla šicího stroje.

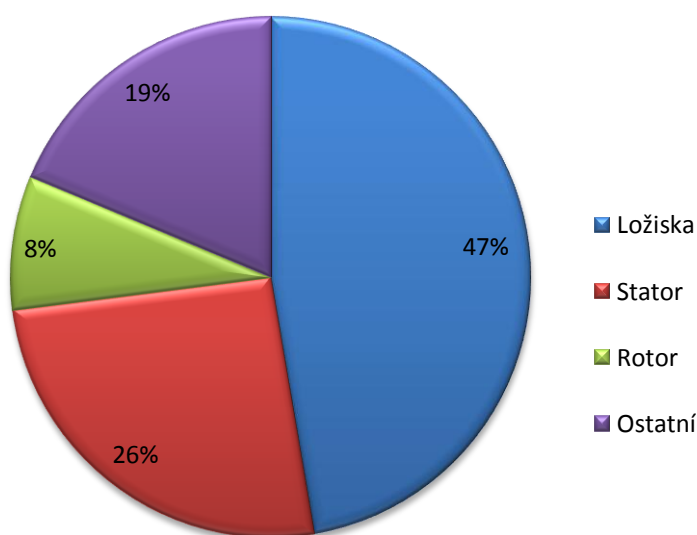


Obrázek 7: Obecné schéma mechanického stopmotoru

3.2.3. Nejčastější poruchy asynchronních motorů a jejich odstranění

Z nejrůznějších výzkumů vyplývá, že nejporuchovější částí asynchronního motoru jsou ložiska. K jejich poškození dochází zejména v důsledku nesprávné údržby, nevyváženosti zátěže anebo nesouososti mezi hřídelem rotoru a zátěže.

Druhou třídu poruch ohrožujících asynchronní motor představují závady statoru, reprezentované zkratami mezi závity jedné fáze vinutí, mezi závity dvou různých fází či vinutím a elektrickou zemí. Poruchy statoru vznikají většinou z důvodu dlouhodobého přetěžování motoru či jako důsledek nesymetrií napájecího napětí.



Graf 1: Četnost výskytu poruch částí asynchronních motorů (%)

Nejméně častou závadou vyskytující se u asynchronních motorů je porucha rotoru. Rotor bývá poškozen přetěžováním motoru způsobovaným častým spouštěním, nesymetrií zátěže.

Velké zahřívání ložisek

- Hnací řemeny jsou příliš utažené – snížení napětí řemenů
- Vadná ložiska – výměna ložisek
- Málo nebo příliš tuku v pouzdře ložiska – přimazání nebo snížení tuku

Motor se nerozbihá

- Přerušení přívodu – přerušení odstranit
- Přerušení tavnou pojistkou – pojistku přezkoušet a vyměnit
- Vypnutí ochranou motoru – kontrola nastavení ochrany, měřit odebíraný proud
- Přerušené vynutí statoru – zkontrolovat vinutí, odstranit přerušení, převinout
- U motorů s kroužkovou kotvou: přerušené vinutí rotoru nebo spouštěče, kartáče nedosedají na kroužky – zkontrolovat kartáče a spouštěč, průchodnost vinutí rotoru, rotor převinout.

Motor se rozbihá těžko, při zatížení značně klesají otáčky

- Příliš velká zátěž – zkontrolovat výkon, zmenšit zatížení nebo použít motor s větším výkonem
- Motor je zapojen do hvězdy, vinutí statoru je dimenzováno na zapojení do trojúhelníka – zkontrolovat zapojení motoru, popřípadě přepojit
- Přerušení vinutí rotoru nebo kroužku kotvy – odstranit přerušení, vyměnit rotor

Motor se příliš zahřívá

- Motor je přetížen – odstranit příčinu přetížení
- Napětí je příliš vysoké nebo příliš nízké – vyrozumět provozovatele sítě
- Stator je zapojen do trojúhelníku místo do kotvy- přepojit
- Porucha v chlazení – odstranit poruchu v přívodu vzduchu

Motor odebírá velký proud a hučí

- Vadná kluzná ložiska – kluzná nebo valivá ložiska zkontrolovat, popřípadě vyměnit
- Zkrat ve vinutí – zkontrolovat vinutí, stator převinout
- Rotor se dře o svazek plechů – zkontrolovat vzduchovou mezeru, popřípadě vyměnit ložiska

[4]

3.3 Servomotor jako pohon šicího stroje

Jsou motory umožňující ovládání polohy vpichu jehly pomocí vestavěných elektrických elementů. Umožňují zpětnou vazbu, regulaci otáček a polohy. Pro šicí stroje jsou nejčastěji používány dva druhy servomotorů:

- AC bezkartáčové servomotory s permanentními magnety
- DC motory s permanentními magnety



Obrázek 8: AC servomotor umístěný pod pracovní deskou a AC servomotor umístěn v hlavě šicího stroje

3.3.1. Řízení AC motorů

Nutným parametrem pro provoz motoru je synchronizace napájení statorových cívek s polohou statoru. Polohové čidlo jako je encodér, resorver či sincodér je potřebné u těchto typů strojů k řízení synchronizace fáze budících impulsů s polohou rotoru. Řídící elektronika poté zajistí napájení statorového vinutí. V současné době se využívají algoritmy při generaci průběhu napájecího napětí.

Ať již používáme jakýkoliv princip řízení, požadavek na pohon je stále stejný: přesné a rychlé řízení momentu v co nejširším regulačním obsahu, včetně nulových otáček. Řídící algoritmy jsou realizovány mikropočítačovými obvody s vhodnými perifériemi.

Řídící systém by měl obsahovat tyto funkce:

- Generovat řídicí pulsy pro střídač, a řídit tak tvar a velikost jeho výstupního napětí
- Realizovat regulační algoritmy
- Zajišťovat ochranu systému před nadproudy, přetížením, přehřátím, před výpadkem elektrické sítě
- Měření a indikování veličin nutných pro správnou funkci a pro nadřazený systém
- Funkce zvyšující uživatelský komfort – př. automatické ladění parametrů pohonu
- Inteligentní pohon by měl obsahovat i další přídavné funkce, jako například komunikaci s dalšími pohony a s nadřazeným systémem, hledání poruch, diagnostika, optimalizace spotřeby elektrické energie a protokol o provozu

U sériově vyráběných AC pohonů je obvykle možné programově nastavit tyto parametry:

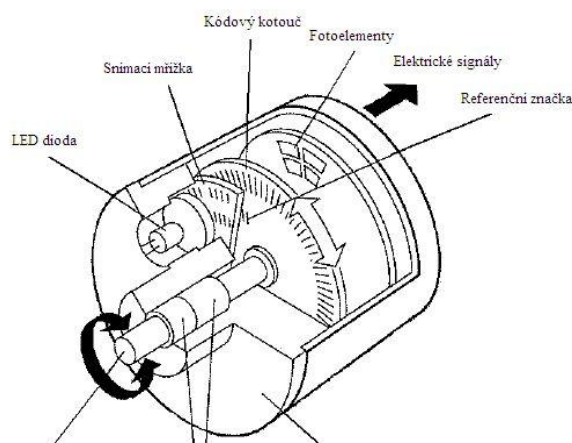
- Rampa rozběhu a brzdění
- Možnost nastavení zvýšení momentu
- Kompenzace skluzu
- Energetický úsporný chod při sníženém zatížení
- Omezení vibrací motoru
- Tepelná ochrana měniče i motoru
- Možnost opětovného startu při výpadku elektrického proudu
- Ochrana proti zastavení motoru
- Možnost více rychlostním vstupů
- Komunikace s PC přes sériové rozhraní

[2]

3.3.2. Řízení synchronizace fáze budících impulsů s polohou rotoru

3.3.3. Fotoelektrický snímač

Princip těchto snímačů spočívá ve clonění světelného toku mezi zdrojem světla a fotocitlivými prvky. Pro zjištění informace o rychlosti otáčení stačí zjistit počet impulsů za časový úsek. Pro zjištění směru otáčení je nutno použít rotující kotouč, který



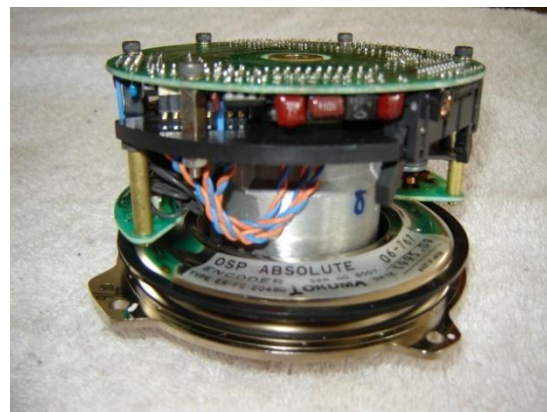
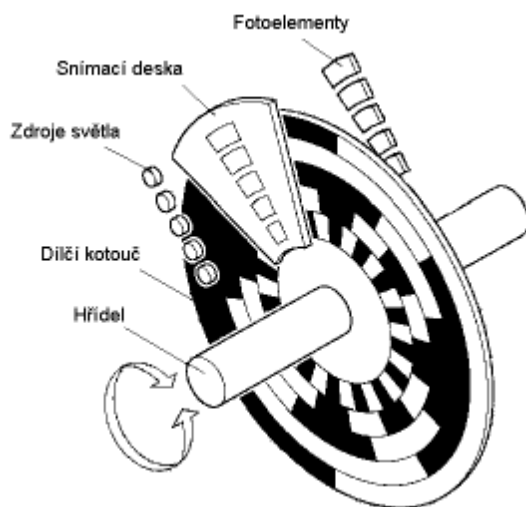
Obrázek 9: Obecné schéma fotoelektrického snímače

má dvě řady otvorů, které jsou vůči sobě posunuty o polovinu šířky otvoru. Pro zjištění úhlu natočení má rotující kotouč ještě jeden otvor, který je určen pro generování nulového impulsu.

3.3.3.1 Absolutní snímač polohy (enkodér)

Absolutní enkodéry jsou rotační snímače polohy, které poskytují okamžitou informaci o aktuální poloze díky kódovanému signálu z optického disku. Tato informace se neztratí ani po výpadku napájení. Absolutní enkodéry se dělí na jednootáčkové a víceotáčkové, které poskytují unikátní informaci o poloze i v rámci více otáček.

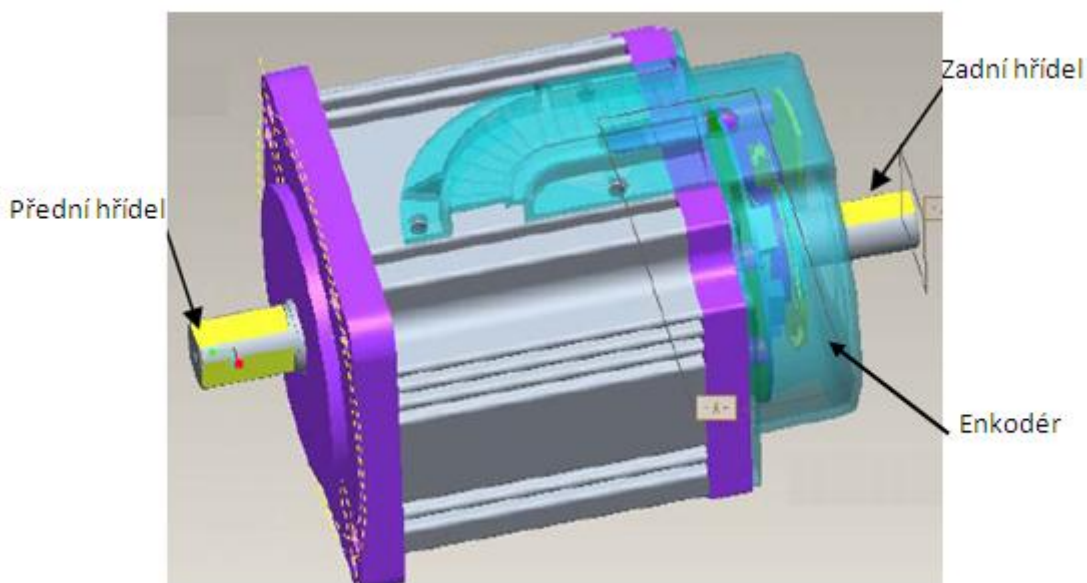
Tento snímač umožňuje zjistit úhel natočení rotoru bezprostředně po připojení napájení bez nutnosti předchozího pootočení. Jejich kotouč má ale několik stop s otvory tvořícími určitý kód. Často se používá kód Graytův. Tento kód se při přechodu do sousední polohy mění pouze v jednom bitu a proto je korekce chyb snadná.



Obrázek 10: Absolutní snímač polohy

3.3.3.2 Princip činnosti

Měřicí princip je založen na clonění světelného toku mezi zdrojem světla a fotodekoderem. Princip lze demonstrovat na funkci čtyř pevných mřížek, proti níž se otáčí mřížka umístěná na obvodě rotujícího kotouče. Pokud jsou obě mřížky ve shodné



Obrázek 11: Umístění enkodéru na servomotoru

poloze, prochází jimi maximum světelného toku, který dopadá na fotodetektor, na němž se v důsledku toho objeví maximální signál. Pootočí-li se pohyblivá mřížka na kotouči o

nepatrný úhel, nastane mírné zaclonění a na fotodetektoru se v důsledku snížení světelného toku sníží úroveň signálu; dalším otáčením bude signál na fotodetektoru nadále slábnout, až dosáhne nuly. V tom okamžiku obě mřížky zcela zacloní světelný tok. Dalším pootáčením kotouče nastane postupné odclonování a na fotodetektoru dojde k zesilování signálu, až dosáhne opět maxima a mřížkou bude protékat maximální světelný tok. Otáčením kotouče s mřížkou proti pevné mřížce se tedy spojitě periodicky mění signál fotodetektoru od nuly do maxima a z maxima do nuly. Tím vzniká signál sinusového průběhu, jehož frekvence je závislá na rychlosti otáčení.

3.3.4. Selsyn

Selsyn je zařízení určené k přenosu otáčivého momentu případě úhlu natočení. Dal by se tedy přirovnat k jakési elektrické hřídeli, která ovšem vzhledem k jinému principu přenosu informace nemá omezení pro hřídel klasická. Pomocí selsynu můžeme přenášet úhel a moment všude tam kde je možné natáhnout vedení a synchronizovat tak různá zařízení. V současné době, s rozvojem regulací a zvláště pak číslicové techniky, ztrácí původní pojetí selsynu na významu. Přesto však vzhledem ke své relativní jednoduchosti nachází uplatnění a navíc je jeho princip jednoduchý na pochopení.

3.3.4.1 Jak funguje:

Selsyn je v podstatě speciálním využitím synchronního trojfázového motoru, kde budící vinutí na rotoru ne buzeno střídavým proudem. Proud procházející tímto vinutím indukuje magnetické pole. Prostorová orientace tohoto pole pochopitelně závisí na poloze, v níž se rotor nachází. Jelikož je rotor buzen střídavým proudem, je i magnetické pole časově proměnné a ve vinutích statoru se indukuje napětí, jehož velikost závisí na vzájemném natočení os cívky rotoru a příslušné cívky statoru. Tato závislost je přímo úměrná skalárnímu součinu vektorů procházejících osami daných cívek. Na přijímací straně naopak superpozicí magnetických polí vytvořených cívkami vzniká magnetické pole, jehož orientace je shodná s orientací pole vyvolaného rotorem vysílacího selsynu. Rotor přijímacího selsynu se nastaví shodně s tímto polem. [7]

3.3.5. Ovládání šicího stroje se servomotorem

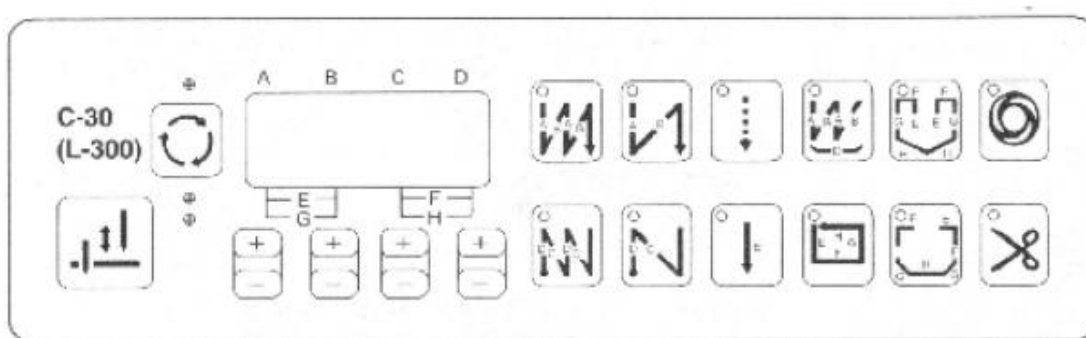
Ovládání může být místní i dálkové. Součástí měniče bývá ovládací panel, který obsahuje klávesnici a LCD displej, pomocí kterých je možné nastavovat zadané hodnoty a funkce servomotoru.

Programové nastavení stroje se může provádět buď po při pojení LCD panelu k počítači nebo novější typy LCD panelů obsahují vstup pro paměťové karty obsahující přesně naprogramované požadavky a algoritmy.

















Obrázek 12: LCD panel JUKI IP-110 se slotem pro paměťovou kartu

Výhodou těchto LCD panelů je že, při nedodržení provozních podmínek je obsluha informována výstražnými hlášeními, při závažnějších závadách se měnič zablokuje, odpojí výstupní svorky od napětí a vydá příslušné chybové hlášení. Zároveň se většinou do vnitřní paměti uloží data o chybách, které lze později analyzovat.

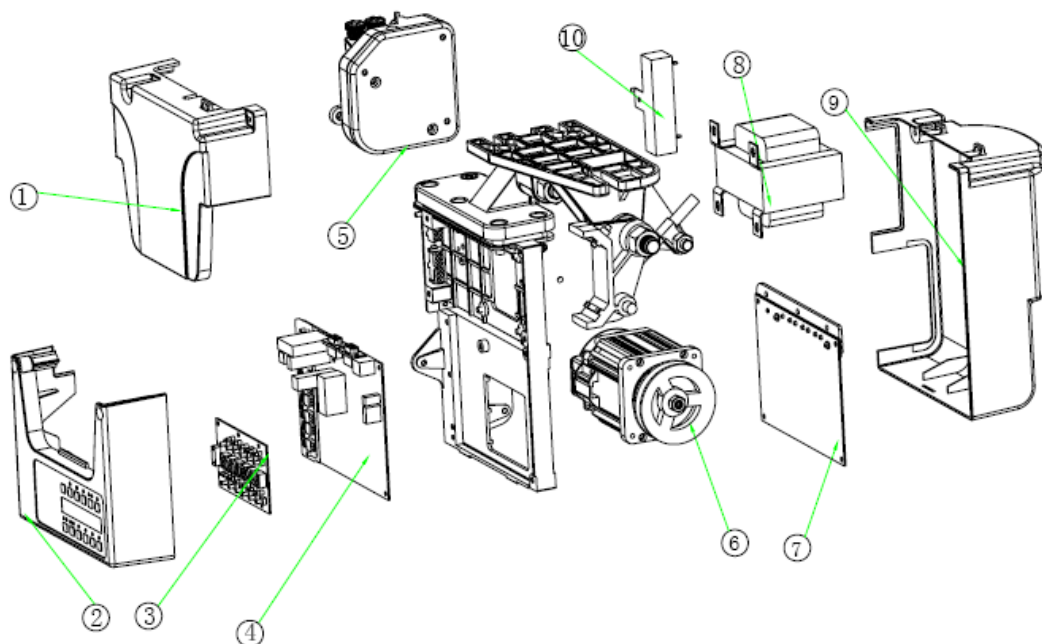


Obrázek 13: Klávesnice C-30/L-300

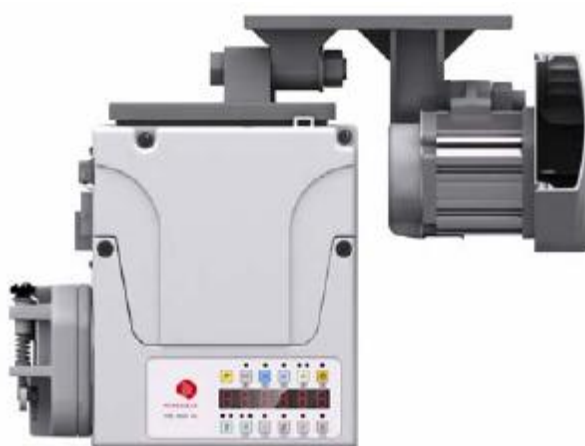
Funkce	Tlačítko	Činnost
Výběr počátečního/koncového zapožití		<ul style="list-style-type: none"> Dvojité zapožití Funkce zapožití na začátku bude dostupná pro normální a naprogramovatelné šití
		<ul style="list-style-type: none"> Jednoduché zapožití Funkce zapožití na začátku bude dostupná pro normální i naprogramovatelné šití
		<ul style="list-style-type: none"> Dvojité zapožití Funkce zapožití na konci bude dostupná pro normální i naprogramovatelné šití
		<ul style="list-style-type: none"> Jednoduché zapožití Funkce zapožití na konci bude dostupná pro normální i naprogramovatelné šití
Normální šití		<ul style="list-style-type: none"> Po sešlápnutí pedálu začne stroj šít. Po uvolnění pedálu se stroj zastaví Po úplném zpětném sešlápnutí stroj odstřihne
Závorkování		<ul style="list-style-type: none"> Po sešlápnutí pedálu stroj N-krát zazátkuje a odstřihne
Programové šití	   	<ul style="list-style-type: none"> Po sešlápnutí pedálu stroj bude šít podle E, F, G nebo H Po uvolnění se stroj během šití sekce zastaví, po opětovném sešlápnutí bude pokračovat

Nastavení stehů		<ul style="list-style-type: none"> • A, B, C, D nastavení stehů v rozmezí 0-99 • E, F, G, H nastavení stehů v rozmezí 0-99
Zdvih jehly/korekce šití dopředu		<ul style="list-style-type: none"> • Při normálním šití stisknutí jednou provede korekci o půl stehu • Při programovatelném šití pokud dojde k zastavení uvnitř sekce, stisknutí zvedne jehlu. Pokud dojde k zastavení po odšití sekce, stisknutí provede korekci o jeden steh
Úsekové šití		<ul style="list-style-type: none"> • Při programovatelném šití dojde k odšití celé sekce po jednom sešlápnutí pedálu
Odstřih		<ul style="list-style-type: none"> • Umožní/znemožní použití odstřihu

Tabulka 1: popis funkcí klávesnice C-30/L-300



Obrázek 14: Schéma servopohonu umístěného pod pracovní deskou šicího stroje



1. přední kryt
2. přední kryt se spínači
3. obvodová deska ovládání
4. deska s plošnými obvody
5. deska pro uchycení pedálu
6. AC servomotor s enkodérem
7. kontrolní řídící deska pohonu
8. 32 V transformátor
9. Zadní kryt
10. Kontrolor brzdného systému

4. Měření rezonančních jevů

Kmitání (též oscilace nebo kmitavý děj) je změna, typicky v čase, nějaké veličiny vykazující opakování nebo tendenci k němu. Kmitající systém se často nazývá oscilátor.

Pravděpodobně nejznámější je mechanické kmitání (též kmitavý pohyb, oscilační pohyb nebo vibrace), což je takový mechanický pohyb hmotného bodu (popř. tělesa), při kterém je tento hmotný bod vázán na určitou rovnovážnou polohu. Hmotný bod se při svém pohybu vzdaluje od této rovnovážné polohy pouze do určité konečné vzdálenosti. Příkladem kmitavého pohybu je pohyb kyvadla, který je označován jako kývání. Kmitající veličinou nemusí být pouze poloha tělesa, ale např. hustota látky, tlak (hovoří se o pulzaci) nebo jiná mechanická veličina.

Hladina akustického tlaku: speciální přenos způsobený silným akustickým polem: k tomuto přenosu dochází, jakmile hladina akustického tlaku dosáhne 120 dB. Tak silný hluk způsobí nejen bolest ve sluchovém aparátu, ale rozkmitá celý organismus člověka.

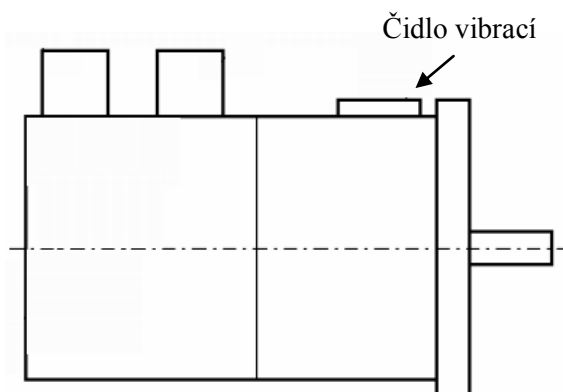
4.1.1. Vibrace asynchronního motoru

Vibrace asynchronního motoru s maximálně 3000 otáčkami za minutu o napájení 50 Hz jsou o frekvenci 100 Hz.

Dvojnásobek síťové frekvence je vždy měřitelnou složkou vibrací v ASM. [4]

4.1.2. Vibrace AC servomotoru

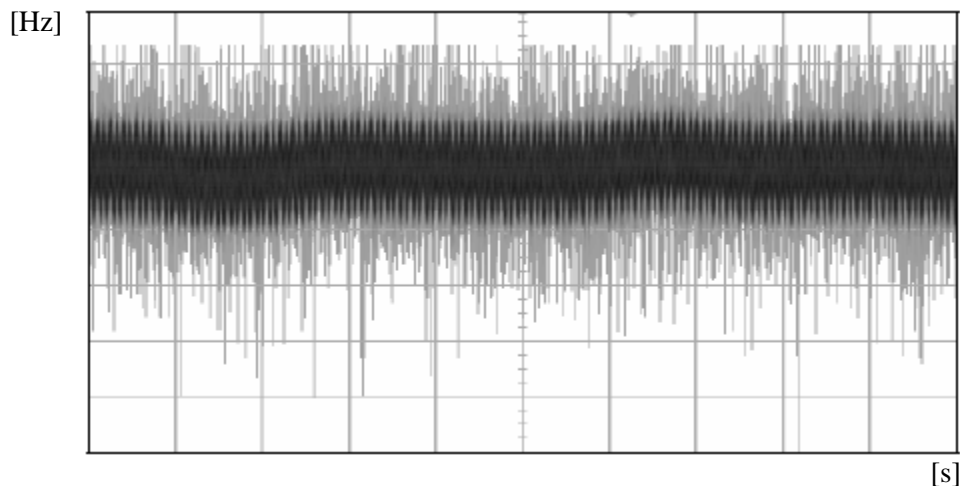
[4]



Obrázek 15: Umístění snímače vibrací na tělese servomotoru

Při 4000 otáčkách za minutu

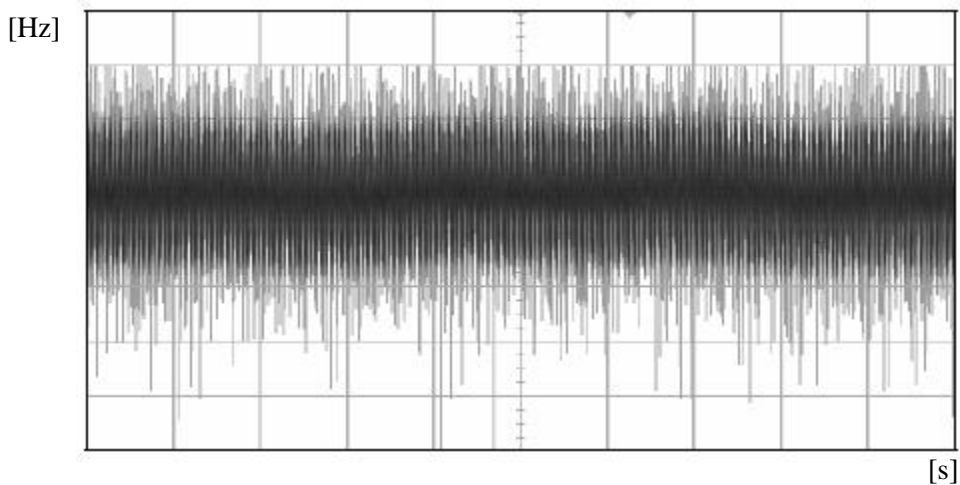
- Kmitočet servomotoru: 64.5 Hz
- Hladina akustického tlaku – 38.8 dB



Obrázek 16: Frekvence vibrací při 4000 otáčkách za minutu

Při otáčkách 5000 za minutu

- Kmitočet servomotoru: 98 Hz
- Hladina akustického tlaku je – 34.4 dB



Obrázek 17: Frekvence vibrací při 5000 otáčkách za minutu

Závěr měření

Přímý AC servomotor je kompaktní elektromotor, který je spojený přímo s hnací hřídelí. Motor je uložený přímo uvnitř hlavy stroje a nemá žádné mechanismy,

jako klínový řemen, který přenáší chvění a hluk. Tak, motor může běžet s minimálními vibracemi a ulehčuje i únavu obsluhy stroje, když je stroj používán v dlouhodobých časových úsecích.

U AC servopohonu se výraznější rezonanční jevy vyskytují v pásmu od 5000 otáček za minutu.

5. Měření hluku šicích strojů

Zvuk je každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem. Frekvence tohoto vlnění leží v rozsahu přibližně 16 Hz až 20000 Hz; za jeho hranicemi člověk zvuk sluchem nevnímá. V širším smyslu lze za zvuk označovat i vlnění s frekvencemi mimo tento rozsah.

Hluk definujeme jako zvuky, které jsou pro člověka nežádoucí, nepříjemné, rušivé nebo i škodlivé.

Příklady a vnímání člověkem	
Hodnota	Příklad
0 dB	Práh vnímání zvuků a bezzvukovost
20 dB	Šeptaný hlas
30 dB	Zahrady, tichá obydli
40 dB	Tichá kancelář
50 dB	Normální hovor
60 dB	Středně hlučné ulice
70 dB	Statické stroje
80 dB	Auta, motocykly, hlučné ulice, křik
90 dB	Hlučné křižovatky, pneumatická vrtačka
100 dB	V blízkosti vlaků, těžkých nákladních aut
110 dB	Přádelny, hlučné dílny
120 dB	Buchary, velmi hlučné dílny, rachot hromu
130 dB	Kotlární, vypouštění páry a plynů pod tlakem
140 dB	Proudová letadla, námořnické sirény
150 dB	Některé sopečné výbuchy
160 dB	Start kosmických lodí

Tabulka 2: Příklady a vnímání člověkem

Použité zařízení

Pro měření byl použit hlukoměr typu DVM85. Hlukoměr se skládá z měřícího řetězce počínajícího mikrofonom – kondenzátorovým. Následují filtry, zesilovače, detektor a displej. Frekvenční charakteristika je upravována váhovými filtry, které ovlivňují měřené veličiny způsobem, jak to činí například lidské ucho.



Obrázek 18: Hlukoměr DVM85

Přístroj měří v jednotkách dB(A). jednotka dB je definována jako absolutní měření z dynamických tlakových změn v prostředí v Pa. Jenotka dB(A) je akustický dB, tedy přepočtený na fyziologické vlastnosti našeho (průměrného) ucha a jeho vnímání hluku v různých částech frekvenčního spektra jako stejně hlasitý

Měření bylo provedeno na třech typech strojích:

- Brother DD7100-905 – 1-jehlový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a servomotorem umístěným v hlavě stroje
- Minerva 72113 – 101 – 1-jehlový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a spojkovým motorem – starší typ ASM
- Juki DDL 5503N 1-jehlový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a spojkovým motorem – novější typ ASM

Měření bylo provedeno na třech typech strojích a to v pěti opakování, uvedená hodnota u výsledků měření, je jejich aritmetický průměr.

Šicí stroj Brother typ DD7100-905

Servomotor je umístěn v hlavě šicího stroje, stroj umožňuje regulaci otáček motoru.

Měření bylo provedeno při otáčkách motoru o hodnotách 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 a maximu 4700 otáček za minutu.

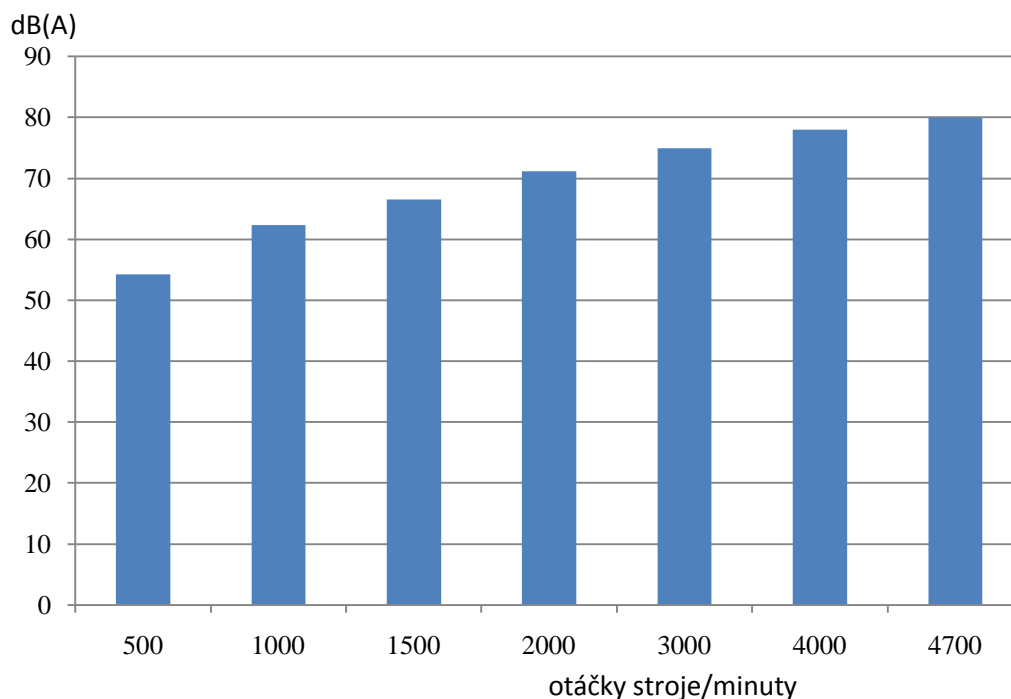
Z grafu vyplývá, že při zvyšování otáček motoru stoupá i provozní hluk šicího stroje.

Max. otáčky stroje: 4700 ot/min

Elektrické napětí: 220 V

Příkon: 400 W

Hluk motoru naprázdno: 36 dB(A)



Graf 2: Hluk šicího stroje Brother DD7100-905

Otáčky motoru [ot/min]	500	1000	1500	2000	3000	4000	4700
Hluk [dB(A)]	54,2	62,3	66,5	71,2	75	78	80

Tabulka 3: Hluk šicího stroje Brother DD7100-905

Šicí stroje se spojkovým motorem

Minerva 72113 – 101

Elektrické napětí: 220 V

Provozní otáčky: 4200-5000 st/min

Hluk motoru naprázdno: 53,3 dB(A)

Hluk motoru při mírném sešlápnutí pedálu – odhadem 500-700 ot/min: 62 dB(A)

Hluk motoru při maximálním sešlápnutí motoru: 87,8 dB(A)

Juki DDL 5503N

Elektrické napětí: 220 V

Provozní otáčky: 4200-5000 st/min

Hluk motoru naprázdno: 52,5 dB(A)

Hluk motoru při mírném sešlápnutí pedálu – odhadem 500-700 ot/min: 66 dB(A)

Hluk motoru při maximálním sešlápnutí motoru: 86,7 dB(A)

Závěr měření

Obyčejně jsou servomotory mnohem tišší než motory asynchronní.

Šicí stroj se servomotorem má nespornou výhodu v tom, že při zapnutí stroje je téměř potichu a motor se rozbíhá až po sešlápnutí pedálu. Oproti tomu stroj s asynchronním motorem vykazuje hluk ještě před tím, než sešlápneme pedál stroje.

6. Srovnání cen strojů s ASM a servomotorem

Všechny srovnávané stroje jsou 1-jehlové šicí stroje s 2-nitným vázaným stehem a spodním podáváním

1-jehlové šicí stroje s ASM		
Typ stroje	Popis stroje	Cena
JUKI DDL-8300/8700	1-jehlový šicí stroj se spodním ponorným podáváním na šití středně těžkých materiálů, centrální tlakové mazání pro dlouhou životnost, nastavitelná délka stehu, zapošívání	10 040 Kč
Siruba L818-M1	1-jehlový universální šicí stroj s vázaným stehem pro lehký a střední materiál, spodní podávání, maximální rychlost šití 5.000 stehů/min., maximální délka stehu 5 mm, centrální mazání.	7 847 Kč
Šicí stroj Brother SL - 1110 - 3	1-jehlový průmyslový šicí stroj se spodním ponorným podáváním, pro lehké a středně těžké materiály, bez odstříhu, Max. rychlost: 4 000st./min	21 480 Kč
1-jehlové šicí stroje se servomotorem		
Siruba DL889-M2-3	1-jehlový universální šicí stroj s vázaným stehem pro lehký a střední materiál, spodní podávání, maximální rychlost šití 5.000 stehů/min., maximální délka stehu 5 mm, centrální mazání. Standardní výbava s: odstříh niti, zpětný chod, elektromagnetický zdvih patky, nastavení pozice jehly, odhoz nitě, zabudovaný ovládací panel.	23 393 Kč
Juki DDL-9000ASS-WB	1-jehlový universální šicí stroj s vázaným stehem pro lehký a střední materiál, spodní podávání, maximální rychlost šití 5.000 stehů/min., maximální délka stehu 5 mm,	37 085 Kč

	centrální mazání. Standardní výbava s: odstřih niti, zpětný chod, elektromagnetický zdvih patky, nastavení pozice jehly, odhoz nitě, zabudovaný ovládací panel.	
JUKI-DLN-5410N-7WB/AK-85	1-jehlový šicí stroj se spodním ponorným a jehelním podáváním na šití středních materiálu, centrální tlakové mazání pro dlouhou životnost, automatický odstřih niti, automatické zapošívání s volbou počtu stehů, magnetický zdvih patky, panel CP-160A pro programování různých druhu šití,	60 200 Kč
Brother S - 7200B	1-jehlový průmyslový šicí stroj s dvojitým vázaným stehem, se spodním ponorným podáváním, s motorem umístěným v hlavě stroje, odstřihem nití, odhozem horní nitě, magnetickým zvedáním patky, velkým přehledným LCD displejem.	45 480 Kč
Pfaff 1163-6/01	1- jehlový šicí stroj pro lehké a střední materiály, spodní podávání, odstřih niti, automatické zapošití a zdvih patky, odhoz niti, maximální rychlost šití 5000 stehů/min., délka stehu 5mm, centrální mazání.	23 830 Kč

Tabulka 4: Ceny jednojehlových šicích strojů se pojkovým motorem a servomotorem

Uvedené ceny byly použity s internetových katalogů firem zabývajících se prodejem šicí techniky. [5]

6.1 Srovnání cen samostatných ASM a servomotorů

Servomotory				
Typ	Otáčky (ot./min)	Příkon (W)	Váha	Cena
HVP-70	5000	750	11	15 660 Kč
HVP-90	2000	750	17,38	15 200 Kč
PowerMax PMX 50	5000	550	9,5	9 588 Kč
AH-30-55	5000	550	8	8 872 Kč
AH-50-55	5000	550	9,6	11 400 Kč
Spojkové motory				
Motor Garudan	1425	750	25	3 564 Kč
Motor Garudan	2850	750	22	3 564 Kč
DOL 34H	2850	550	21	1 900 Kč
DOL 13 H	1425	250	20	1 775 Kč

Tabulka 5: Ceny servomotorů a spojkových motorů

7. Měření spotřeby elektrické energie

Pro měření spotřeby elektrické energie máme tyto důvody:

- Ekologický důvod: čím méně elektrické energie spotřebujeme, a to především té, která je založena na neobnovitelných zdrojích, tím méně ji bude třeba vyrobit, tím méně škodlivin zatíží naše životní prostředí
- Ekonomický důvod: čím méně elektrické energie spotřebujeme, tím méně budeme muset elektřinu dovážet, a tím méně i zaplatíme, jako jednotlivec i podnikatel

Použité zařízení

Zásuvkový elektroměr - měřič spotřeby PM3

- měří příkon, celkovou spotřebu, dobu provozu v hodinách i procentech a cenové náklady v Kč
- dva programovatelné cenové tarify
- přehledné zobrazení údajů na LCD displeji
- zálohovací baterie pro případ výpadku proudu
- velmi jednoduchá obsluha
- naměřená data jsou zálohována i při výpadku proudu nebo odpojení ze zásuvky!

Technická data:

Měřená hodnota zátěže: 5-3680 W, proud: 16 A

Zobrazení spotřeby: 0-999.9 kWh



Obrázek 19: Zásuvkový elektroměr - měřič spotřeby PM3

7.1 Jednohlahové šicí stroje s 2-nitným vázaným stehem

Brother 7200B

Jednohlahový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a AC servomotorem umístěným v hlavě šicího stroje.

Max. otáčky stroje: 5000 ot/min

Elektrické napětí: 220 V

Příkon: 450 W

Brother 777B

Jednohlahový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a spojkovým motorem.

Max. otáčky stroje: 4500 ot/min

Elektrické napětí: 220 V

Příkon: 450 W

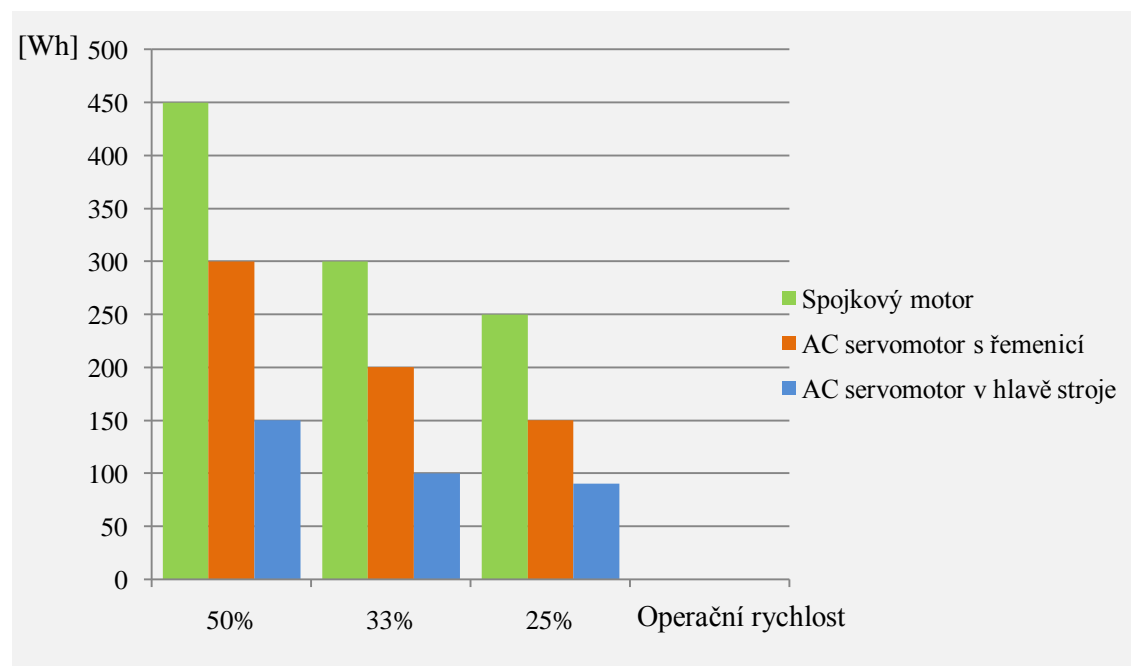
Siruba L818-M1-11

Jednohlahový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a AC servomotorem umístěným pod pracovní deskou šicího stroje.

Max. otáčky stroje: 5000 ot/min

Elektrické napětí: 220 V

Příkon: 450 W



Graf 3: Energetická spotřeba jednohlahových šicích strojů

	Spojkový motor	AC servomotor s řemenicí	AC servomotor v hlavě šicího stroje
50 %	450 Wh	300 Wh	150 Wh
33%	300 Wh	200 Wh	100 Wh
25 %	250 Wh	150 Wh	90 Wh

Tabulka 6: Spotřeba elektrické energie jednojehlových šicích strojů

7.2 Dvoujehlové šicí stroje s 2-nitným vázaným stehem



Brother T-8420B-033

Dvoujehlový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a AC servomotorem umístěným pod pracovní deskou šicího stroje.

Max. otáčky stroje: 3000 ot/min

Elektrické napětí: 240 V

Příkon: 550 W



Brother T-8421B

Dvoujehlový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem a AC servomotorem umístěným v hlavě šicího stroje.

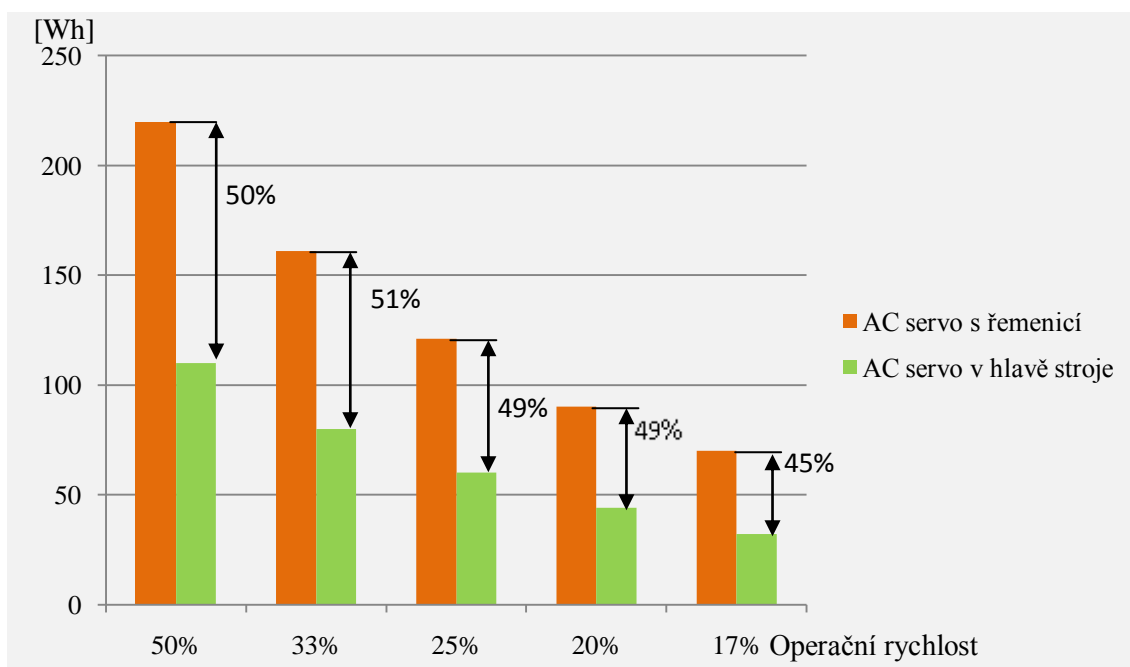
Max. otáčky stroje: 3000 ot/min

Elektrické napětí: 240 V

Příkon: 550 W

	50%	33%	25%	20%	17%
AC servomotor s řemenicí	220 Wh	161 Wh	121 Wh	90 Wh	70 Wh
AC servomotor v hlavě šicího stroje	110 Wh	80 Wh	60 Wh	44 Wh	32 Wh

Tabulka 7: Spotřeba elektrické energie dvoujehlových šicích strojů



Graf 4: Spotřeba elektrické energie dvouhlohových šicích strojů

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání spojkového asynchronního motoru a servomotoru jako pohonu šicího stroje z hlediska jejich provozních vlastností.

Mezi kladné vlastnosti servopohonu patří jejich provozní hladina zvuku. Při zapnutí stroje se servopohonom je stroj téměř tichý, oproti tomu stroj s asynchronním motorem vykazuje hluk ještě před tím, než je stroj uveden do činnosti a to v průměru 53 dB(A). Při provozu vykazuje servopohon o 8dB(A) nižší hladinu zvuku než hladina zvuku spojkový motor.

Co se týče spotřeby elektrické energie je stroj se servopohonom umístěným v hlavě šicího stroje je průměrně o 50% úspornější než šicí stroj se spojkovým asynchronním motorem. Stroj se servopohonom s řemenicí je průměrně o 34% úspornější než stroj se spojkovým asynchronním motorem. Spotřeba elektrické energie servopohonu v hlavě šicího stroje je průměrně 50% nižší než u servopohonu s řemenicí.

Mezi další výhody servomotoru je nízká frekvence vibrací, která je při 4000 otáčkách za minutu je 64Hz, nižší než u spojkového motoru při 3000 otáčkách za minutu, jejíž hodnota je 100 Hz. Výraznější rezonanční jevy u servomotoru se vyskytují až od 98 Hz, tato hodnota odpovídá 5000 otáčkám za minutu.

Mezi nesporné plus šicího stroje se servopohonom při šití patří, že můžete ovládat rychlost šití stroje a že rychlost šití zůstává stejná bez ohledu na to, jak je pedál stlačen.

Výsledkem práce je konstatování že, při použití servopohonu s permanentními magnety mají šicí stroje řadu výhod, i přes jejich vysokou pořizovací cenu, která je někdy až trojnásobná oproti klasickým asynchronním motorům se spojkou.

9. Použitá literatura a další zdroje

- [1] ROUBÍČEK, O. Elektrické motory a pohony. BEN – Technická literatura, 2004.
- [2] SKALICKÝ, J. Elektrické servopohony skripta VUT v Brně, FEKT, 2001.
- [3] SOUČEK, P. Pohony výrobních zařízení. Servomechanizmy Praha, ČVUT, 1997.
- [4] osobní konzultace AMF REECE, Tovární 837, 796 25 Prostějov
- [5] www.strima.com; <http://www.vysivacistroje.eu>
- [6] www.spszl.cz/modules/wfdownloads/visit.php?cid=8&lid=42
- [7] KRASL, M. Elektrotechnika, Podklady ke studiu, Střední průmyslová škola Zlín
- [8] BERNAT, P. Diagnostika asynchronního motoru, DIS 2004, Košice
- [9] Berger Lahr-motion Control, Robotics, mechatronics, <http://www.berger-lahr.com>

10. Seznam obrázků

Obrázek 1: Stator.....	11
Obrázek 2: Druhy rotorů: Klec se zešíkmenými tyčkami a stupňovitá klec	12
Obrázek 3: Motor s kotvou nakrátko.....	12
Obrázek 4: Trojfázový kroužkový motor	16
Obrázek 5: Schématický popis spojivového motoru.....	27
Obrázek 6: Obecné schéma elektrického stopmotoru	28
Obrázek 7: Obecné schéma mechanického stopmotoru.....	28
Obrázek 8: AC servomotor umístěný pod pracovní deskou a AC servomotor umístěn v hlavě šicího stroje.....	31
Obrázek 9: Obecné schéma fotoelektrického snímače.....	33
Obrázek 11: Umístění enkodéru na servomotoru	34
Obrázek 10: Absolutní snímač polohy	34
Obrázek 12: LCD panel JUKI IP-110 se slotem pro paměťovou kartu	36
Obrázek 13: Klávesnice C-30/L-300.....	36
Obrázek 14: Schéma servopohonu umístěného pod pracovní deskou šicího stroje	39
Obrázek 15: Umístění snímače vibrací na tělese servomotoru.....	40
Obrázek 16: Frekvence vibrací při 4000 otáčkách za minutu	41
Obrázek 17: Frekvence vibrací při 5000 otáčkách za minutu	41
Obrázek 18: Hlukoměr DVM85	44
Obrázek 19: Zásuvkový elektroměr - měřič spotřeby PM3.....	50

11. Seznam grafů

Graf 1: Četnost výskytu poruch částí asynchronních motorů (%).....	29
Graf 2: Hluk šicího stroje Brother DD7100-905	45
Graf 3: Energetická spotřeba jednojehlových šicích strojů	51
Graf 4: Spotřeba elektrické energie dvoujehlových šicích strojů	53

12. Seznam tabulek

Tabulka 1: popis funkcí klávesnice C-30/L-300.....	38
Tabulka 2: Příklady a vnímání člověkem	43
Tabulka 3: Hluk šicího stroje Brother DD7100-905.....	45
Tabulka 4: Ceny jednojehlových šicích strojů se pojkovým motororem a servomotorem	48
Tabulka 5: Ceny servomotorů a spojkových motorů	49
Tabulka 6: Spotřeba elektrické energie jednojehlových šicích strojů	52
Tabulka 7: Spotřeba elektrické energie dvoujehlových šicích strojů.....	52